

Stefan Neumeyer, Sabine Hopmann, Gernot Mörig, Werner Götz, Ludger Hanfland, Martin Gosau, Michael Stelzel

# Erhalt und Regeneration der horizontalen alveolären Dimension

## Replantation, Extrusion und Translation von Wurzelsegmenten

**INDIZES** *Alveolenerhalt, Regeneration, Replantation, Extrusion, translative Bewegung, biologisches Gewebemanagement, Wurzelsegment, bukkale Lamelle*

Für den langfristig stabilen und ästhetisch ansprechenden Erfolg einer implantat-prothetischen Versorgung ist sowohl die vertikale als auch die horizontale Dimension des Alveolarkamms von essenzieller Bedeutung. Mit dem Verlust eines Zahns werden resorptive Prozesse eingeleitet, die in der Regel zu umfangreichen Gewebedefekten führen. Aus funktioneller und ästhetischer Sicht werden dadurch große Anforderungen an alle erhaltenden, augmentativen und regenerativen Maßnahmen gestellt. Im Rahmen des hier beschriebenen biologischen Behandlungskonzepts nach Neumeyer konnte gezeigt werden, dass mit der Replantation von Zähnen und Wurzelsegmenten sowie deren anschließender Extrusion ein nahezu vollständiger Erhalt aller alveolären Strukturen möglich ist. Die Extrusion der Wurzelsegmente führt zu einer koronalen Nachfolgebewegung aller angrenzenden alveolären Hart und Weichgewebe. Wird mit dem Segment eine horizontale Bewegung vollzogen, führt dies ebenfalls zu einem Nachfolgen der alveolären Strukturen. In diesen Fällen ist neben dem Erhalt der vertikalen sogar ein Gewinn in der horizontalen alveolären Dimension zu beobachten. Das biologische Behandlungskonzept nach Neumeyer ermöglicht einen einfachen Struktur und Volumenerhalt bzw. -gewinn post extraktionem und vorhersagbare implantatprothetische Ergebnisse.

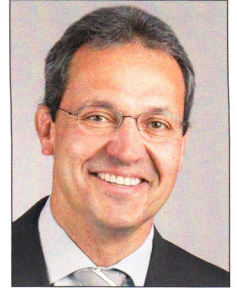
### ■ Einleitung

Der langfristig stabile und ästhetisch ansprechende Erfolg einer implantat-prothetischen Versorgung ist von der Qualität, dem Volumen und der Form des alveolären Implantatlagers abhängig. Da der Verlust eines Zahns durch nachfolgende resorptive Prozesse in der Regel zu umfangreichen vertikalen und horizontalen Gewebedefekten führt, wurden verschiedene Behandlungsstrategien entwickelt<sup>1,2</sup>. Deren Ziel ist es, die ursprüngliche Form und das Volumen des Alveolarkamms zu erhalten oder wiederherzustellen (Abb. 1). Diese Behandlungsmethoden sind

in der Regel invasiv, besitzen alle grundsätzlichen Nachteile einer chirurgischen Intervention<sup>3–6</sup>.

Aus der Kieferorthopädie ist bekannt, dass die Extrusion eines Zahns zu einer korrespondierenden Bewegung der parodontalen Strukturen einschließlich des Knochens führt.

Das biologische Behandlungskonzept nach Neumeyer ermöglicht einen Erhalt aller alveolären Strukturen post extraktionem<sup>7</sup>. Die Replantation von Wurzelsegmenten verhindert den Alveolenkollaps. Die anschließende Extrusion führt zu einer koronalen Bewegung der angrenzenden alveolären Gewebestrukturen und damit zu einem zusätzlichen



**Stefan Neumeyer**  
Dr. med. dent., M.Sc.  
Leminger Strasse 10  
93458 Eschlkam

**Sabine Hopmann**  
Dr. med. dent.  
Untere Bergstraße 12  
49448 Lemförde

**Gernot Mörig**  
Dr. med. dent., Zahntechniker  
Lehrbeauftragter der Universität Düsseldorf  
ZahnGesundheit Oberkassel  
Schanzenstraße 20  
40549 Düsseldorf

**Werner Götz**  
Prof. Dr. med.  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Poliklinik für Kieferorthopädie, Oralbiologische Grundlagenforschung, Welschnonnenstraße 17, 53111 Bonn

**Ludger Hanfland**  
Dr. med. dent.  
Hundemstraße 4  
57368 Lennestadt

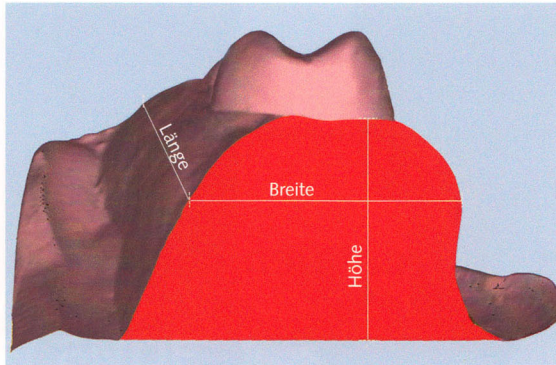
**Martin Gosau**  
Prof. Dr. med. Dr. med. dent.  
Dept. of oral and maxillofacial surgery, Paracelsus Medical University Nuernberg, Breslauer Str. 201, 90471 Nürnberg

**Michael Stelzel**  
Univ.-Prof. Dr. med. dent.  
Donau-Universität Krems  
Department für Interdisziplinäre Zahnmedizin u. Technik  
Dr.-Karl-Dorrek-Straße 30  
3500 Krems, Österreich

**Kontaktadresse:**  
Dr. Stefan Neumeyer  
E-Mail:  
praxis@dres-neumeyer.de

**Manuskript**  
Eingang: 04.09.2014  
Annahme: 31.10.2014

**Abb. 1** Suffizientes Implantatbett – ausreichende vertikale und horizontale Dimensionierung und natürliche Formgebung.



Gewinn an Hart- und Weichgewebe in der vertikalen Dimension. Die Ergebnisse sind nach den bisherigen Erkenntnissen vorhersagbar, langzeitstabil und genügen hohen funktionellen und ästhetischen Ansprüchen<sup>8–11</sup>.

Es stellt sich die Frage, ob mit dieser Methode auch eine Beeinflussung der horizontalen Dimension möglich ist.

## ■ Material und Methode

### ■ Vorgehensweise

Aufgrund der Erfahrungen, die in einem Zeitraum von ca. neun Jahren gewonnen werden konnten, stellen sich die Verfahrenstechniken wie folgt dar:

1. Nach der schonenden Extraktion des Zahns mit Hebel und Zange, aber ohne den Einsatz von Periostomen, wurde primär versucht, eine zervikale defektkongruente Wurzelscheibe zu bilden und zu replantieren<sup>10</sup>. Da dies aufgrund von zervikalen Defekten manchmal nicht möglich war, wurden im Interesse einer defektkongruenten Abdeckung aus apikalen Arealen großer Wurzeln, kleinere aber zirkulär mit Ligament bedeckte Wurzelscheiben gebildet. Mit maximal drei orthograd replantierten Segmenten wurde anschließend die Defektabdeckung durchgeführt<sup>10</sup>. Alternativ wurde in verschiedenen klinischen Fällen unter anderem auch bei einem umfangreichen parodontalen Zerstörungsgrad ein defektkongruentes Wurzelsegment horizontal replantiert (s. Abb. 2 und 7).
2. Die Replantate wurden in die vollständig mit Blut gefüllte Alveole isoringival eingelegt. Die zervikalen defektkongruenten Wurzelscheiben

wurden in der ursprünglichen Lage repositioniert. Sowohl bei der Replantation der kleineren, im Durchmesser reduzierten Segmente wie auch bei dem horizontal replantierten Wurzelsegment wurde auf einen direkten Kontakt zur bukkalen Lamelle geachtet (s. Abb. 2 und 7). Die Wunden wurden mit einer Minioplastschiene oder einem geeigneten Provisorium für 5 bis 10 Tage geschützt.

3. Während der Einheilphase waren die Replantate frei von mechanischer Belastung. Abhängig von der Defektkongruenz wurde nach einer Einheilzeit von 10 bis 30 Tagen ein Teil der Replantate extrudiert oder translativ bewegt.
4. Die anschließende Stabilisierungsphase betrug 6 bis 10 Wochen um eine Auffüllung des alveolären Defekts durch die körpereigene Knochenregeneration zu ermöglichen.

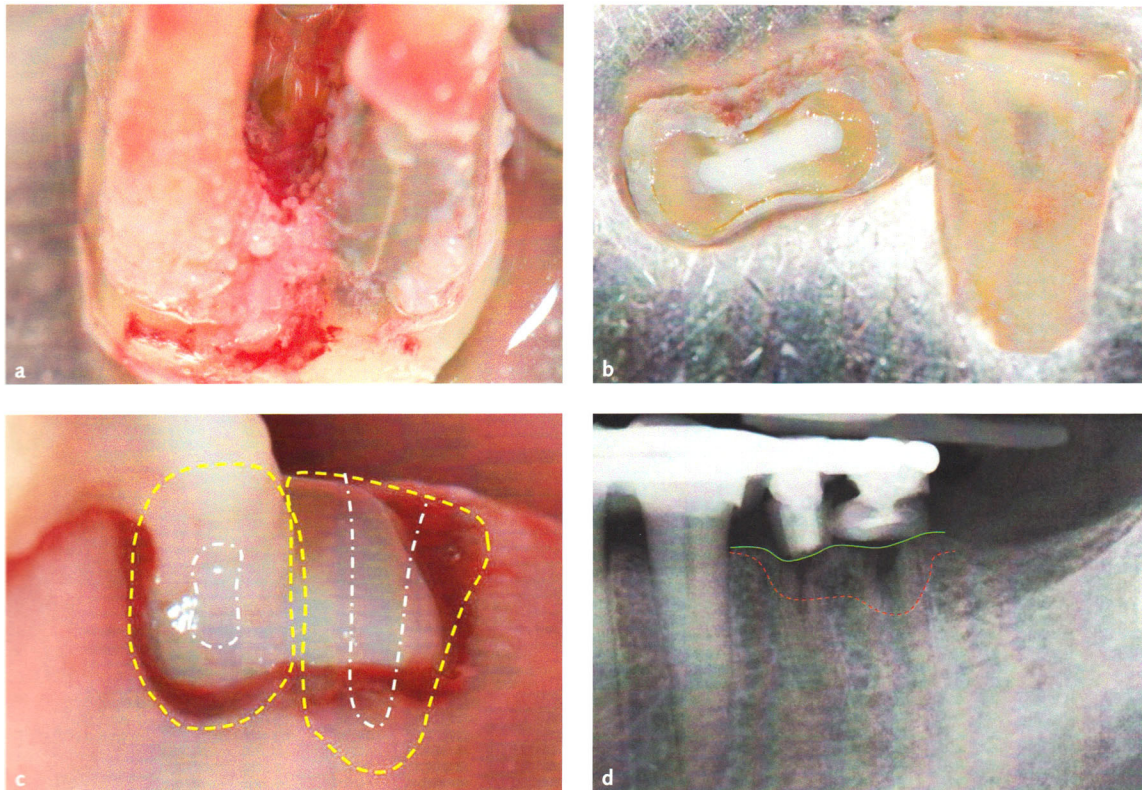
### ■ Auswertung

Die Auswertung des knöchernen Alveolenerhalts erfolgte mittels orthoradialer Einzelröntgenaufnahmen (Prostyle Intra, Planmeca, Aachen; AGFA Dentatus M2 Comfort Single Film, Heraeus Kulzer, Hanau) und digitaler Volumetomografien (Accuitomo MC-1 EX-2, Morita Europe, Dietzenbach). Um Veränderungen der Form und des Volumens des Alveolar-kamms analysieren zu können, wurden mithilfe von Alginatabdrücken Gipsmodelle erstellt. Die computergestützte 3-D-Auswertung dieser Modelle erfolgte im Scanverfahren (Zirkonzahn Scanner S 600, Zirkonzahn Scann-Programm, Zirkonzahn, Gais-Bozen, Italien; Scanner Open Technologies Optical Reveng Dental 2.0, Mini Magics 2.0, MB Maschinenhandel Biebergemünd, Biebergemünd).

### ■ Ergebnisse

Im Hinblick auf den Erhalt und die Regeneration alveolärer Strukturen und den besonderen Fokus auf die horizontale Dimension, stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar:

- Alle replantierten Wurzelsegmente heilten binnen 10 bis 30 Tagen ein.
- Bei allen 3 Varianten einer defektkongruenten Abdeckung der alveolären Wunde war eine Un-



**Abb. 2a bis d** Segmentbildung aus einer Wurzel: (a) Längsfraktur der distalen Wurzel, (b) orthogrades und horizontales Replantat aus mesialer Wurzel, (c) formkongruente Abdeckung der Alveole und (d) gleicher vertikaler Gewinn nach Extrusion des orthograden und horizontalen Replantats.

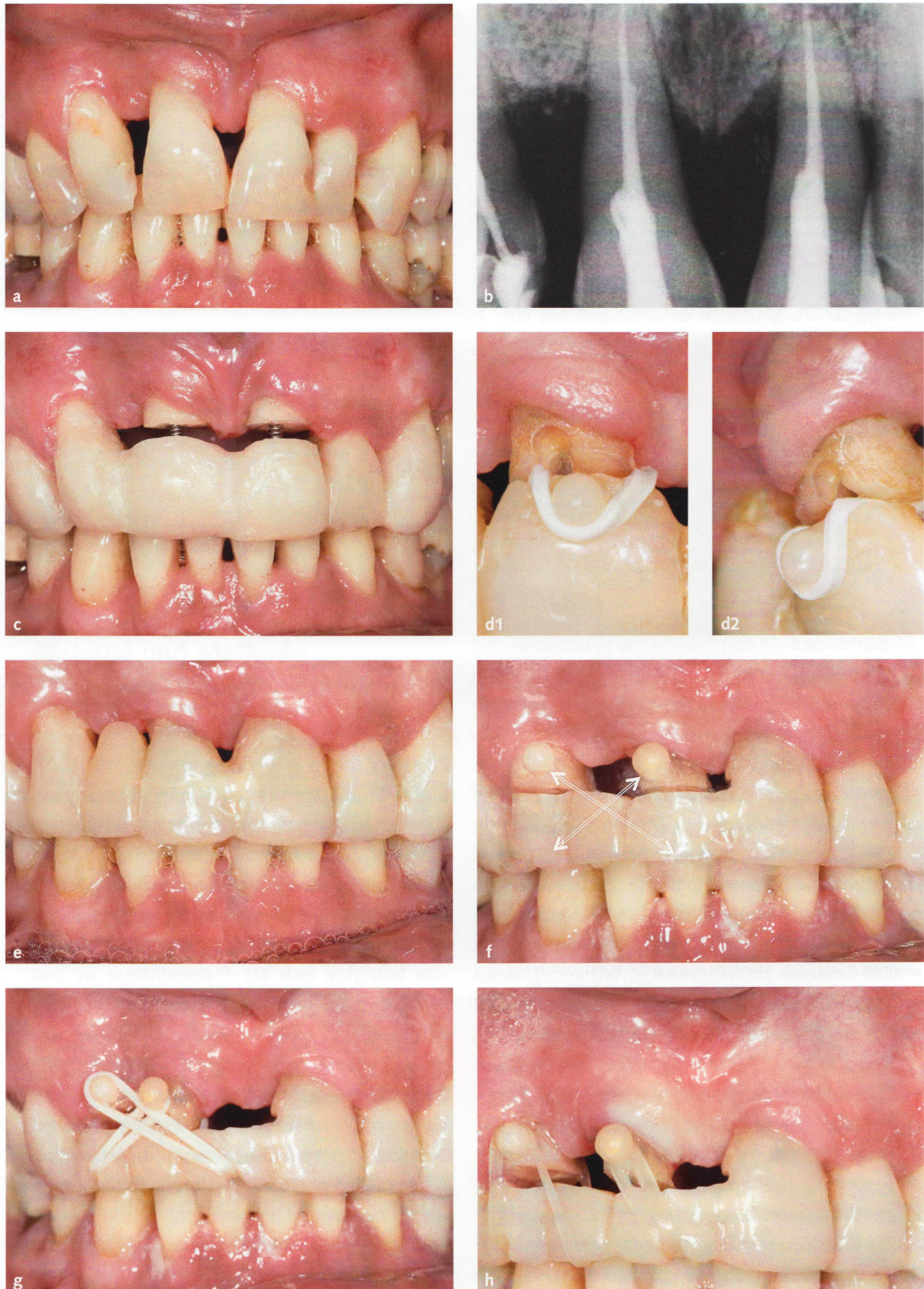
- terstützung der supraalveolären Weichgewebemanschette erkennbar (s. Abb. 2, 5 und 7).
- Die Replantation von zervikalen defektkongruenten Wurzelscheiben führte zu dem umfassendsten Volumenerhalt in allen 3 Raumrichtungen (s. Abb. 5)<sup>10</sup>.
  - Die Extrusion der eingehielten Wurzelsegmente induzierte einen zusätzlichen vertikalen Gewinn der alveolären Weich- und Hartgewebe (s. Abb. 5 und 7).
  - Translative Bewegungen bewirkten eine Regeneration der alveolären Gewebe, die der Bewegungsrichtung nachfolgte. Die horizontale Bewegung führte zu einem beträchtlichen horizontalen Dimensionsgewinn (s. Abb. 5 und 6).
  - Die Ergebnisse sind langzeitstabil oder zeigen nur geringe strukturelle und volumenmäßige Veränderungen entlang aller 3 Raumkoordinaten.
  - Die Ergebnisse der replantierten Wurzelsegmente sind mit den Ergebnissen von ganzen Zähnen im Hinblick auf die Extrusion und Translation vergleichbar (Abb. 1 bis 5).

- Die Ergebnisse sind vorhersagbar und genügen größten funktionellen und höchsten ästhetischen Ansprüchen.
- Die angegebenen Verfahrenstechniken sind einfach, für die Patienten wenig belastend und jederzeit unter Praxisbedingungen durchführbar.

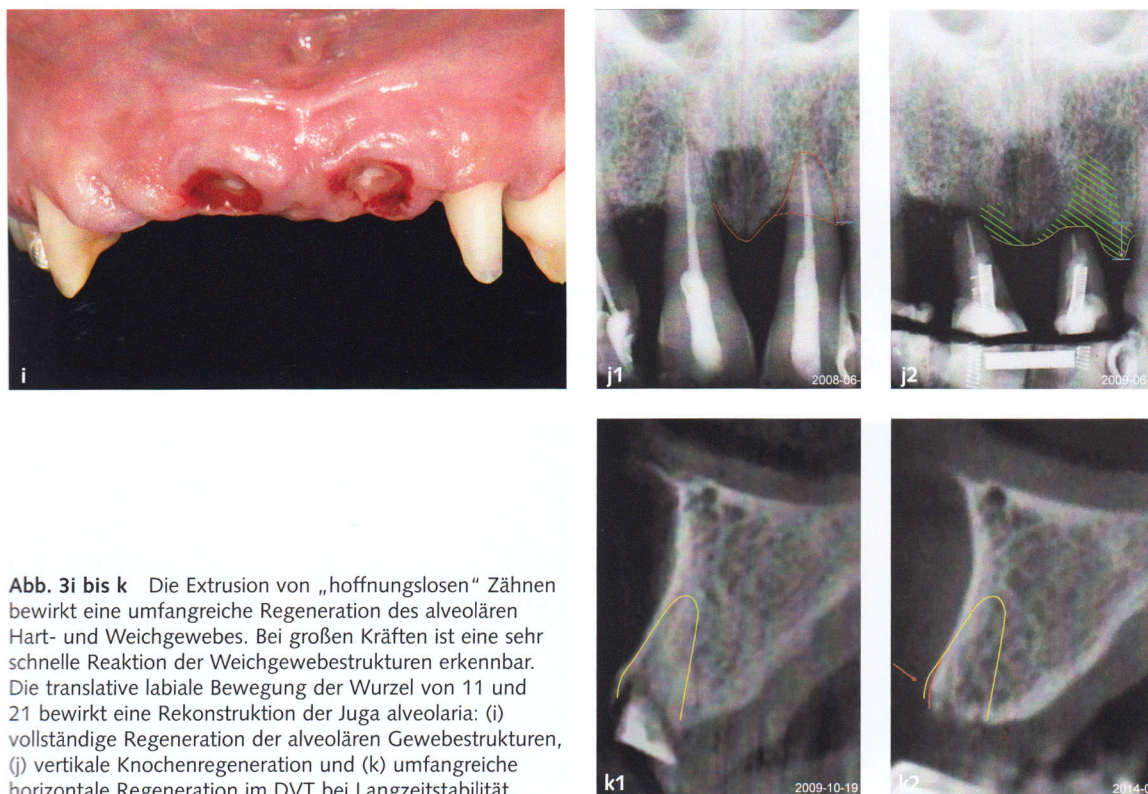
## ■ Diskussion

Die Extraktion eines Zahns führt in den meisten Fällen zu einem umfangreichen Gewebeerlust. Zur Gestaltung eines suffizienten Implantatalters sind daher häufig augmentative Maßnahmen erforderlich. Alle bisher bekannten Techniken sind aber mit den typischen Nachteilen einer chirurgischen Intervention verbunden<sup>1-5</sup>.

Eine Analyse der Gewebereaktionen im Rahmen kieferorthopädischer Therapiemaßnahmen deutet auf ein mögliches Alternativkonzept hin. Die Extrusion eines Zahns bewirkt eine korrespondierende Bewegung der angrenzenden parodontalen und al-



**Abb. 3a bis h** Die Extrusion von „hoffnungslosen“ Zähnen bewirkt eine umfangreiche Regeneration des alveolären Hart- und Weichgewebes. Bei großen Kräften ist eine sehr schnelle Reaktion der Weichgewebestrukturen erkennbar. Die translative labiale Bewegung der Wurzel von 11 und 21 bewirkt eine Rekonstruktion der Juga alveolaria: (a) Klinische Ausgangssituation mit umfangreichen Gewebedefekten, (b) röntgenologische Ausgangssituation, (c) Extrusion der Wurzeln von 11 und 21 mit großen Federkräften, (d) Labialbewegung der Wurzeln zur Formung der Juga alveolaria, (e) Regenerationsphase, (f) angestrebte Translation der Zähne 11 und 12, (g) klinisches Ergebnis nach 1 Tag, (h) 5 Minuten nach Änderung der Zugrichtung.



**Abb. 3i bis k** Die Extrusion von „hoffnungslosen“ Zähnen bewirkt eine umfangreiche Regeneration des alveolären Hart- und Weichgewebes. Bei großen Kräften ist eine sehr schnelle Reaktion der Weichgewebestrukturen erkennbar. Die translative labiale Bewegung der Wurzel von 11 und 21 bewirkt eine Rekonstruktion der Juga alveolaria: (i) vollständige Regeneration der alveolären Gewebestrukturen, (j) vertikale Knochenregeneration und (k) umfangreiche horizontale Regeneration im DVT bei Langzeitstabilität.

veolären Strukturen. Die Grundlage dafür scheint in der Fähigkeit des parodontalen Ligaments zu liegen, mechanische Reize in Gewebereaktionen umwandeln zu können.

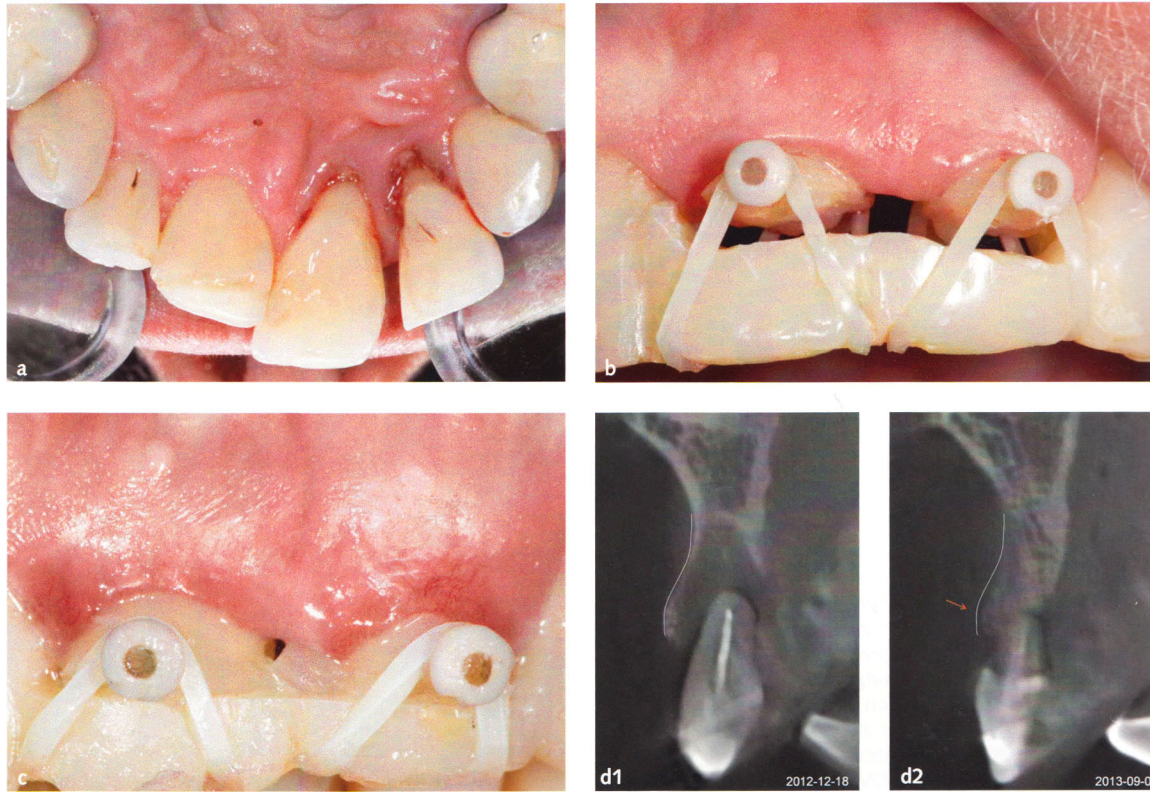
Werden Zähne horizontal translativ bewegt, erfolgt im Bereich der Druckzonen ein Abbau und in den Zugzonen ein Anbau der angrenzenden Gewebestrukturen. Der in der Zugzone regenerierte Knochen hat die Dimension einer zahnumfassenden Alveole. Dieser Umbau zeigt sich auch dann, wenn Zähne in Kieferkambereiche bewegt werden, die bereits durch alveoläre Resorptionen gekennzeichnet sind.

Besonders deutlich wird das Potenzial dieses Therapieansatzes, wenn hoffnungslose Zähne mit einer Kombination aus Extrusion und horizontaler Bewegung behandelt werden. Dann bewirkt auch bei desolaten parodontalen Verhältnissen eine labiale Translation des Zahns ein entsprechendes „Follow-Up“ der bukkalen Knochenlamelle (s. Abb. 3 und 4).

Diese kieferorthopädischen Erkenntnisse können zur nichtchirurgischen Gestaltung eines Implantatlaggers herangezogen werden<sup>12–14</sup>.

Umfangreiche klinische Fallanalysen haben gezeigt, dass replantierte Wurzelsegmente ein nahezu

gleiches Erhaltungs- und Regenerationspotenzial zeigen, wie ganze Zähne. Die isogingivale Replantation eines Wurzelsegments bewirkt einen nahezu vollständigen Erhalt des angrenzenden alveolären Gewebes. Die anschließende Extrusion des Segments führt zu einer koronalen Bewegung und damit zu einem vertikalen Gewinn an alveolärem Hart- und Weichgewebe. Der langfristig stabile und ästhetisch ansprechende Erfolg einer implantatprothetischen Versorgung ist von der Qualität, dem Volumen und auch von der Form des Implantatlaggers abhängig. Es stellt sich die Frage, ob mit der Replantation, Extrusion und Translation von Wurzelsegmenten auch die horizontale alveoläre Dimension beeinflusst werden kann. Der Erhalt der ursprünglichen horizontalen alveolären Dimension wird im Wesentlichen durch die Formkongruenz von Replantat und alveolärer Gewebemanschette gewährleistet. Dabei ist offenbar unerheblich, wie die Formkongruenz erreicht wird. So führt die Replantation eines zervikalen orthograden, mehrerer apikaler orthograden und auch die eines horizontalen Wurzelsegmentes zu dem gleichen klinischen Ergebnis (s. Abb. 2, 5 und 7). Dies resultiert offenbar daraus, dass die zeitliche Unterbrechung der funktionellen Anbindungen auf wenige Minu-

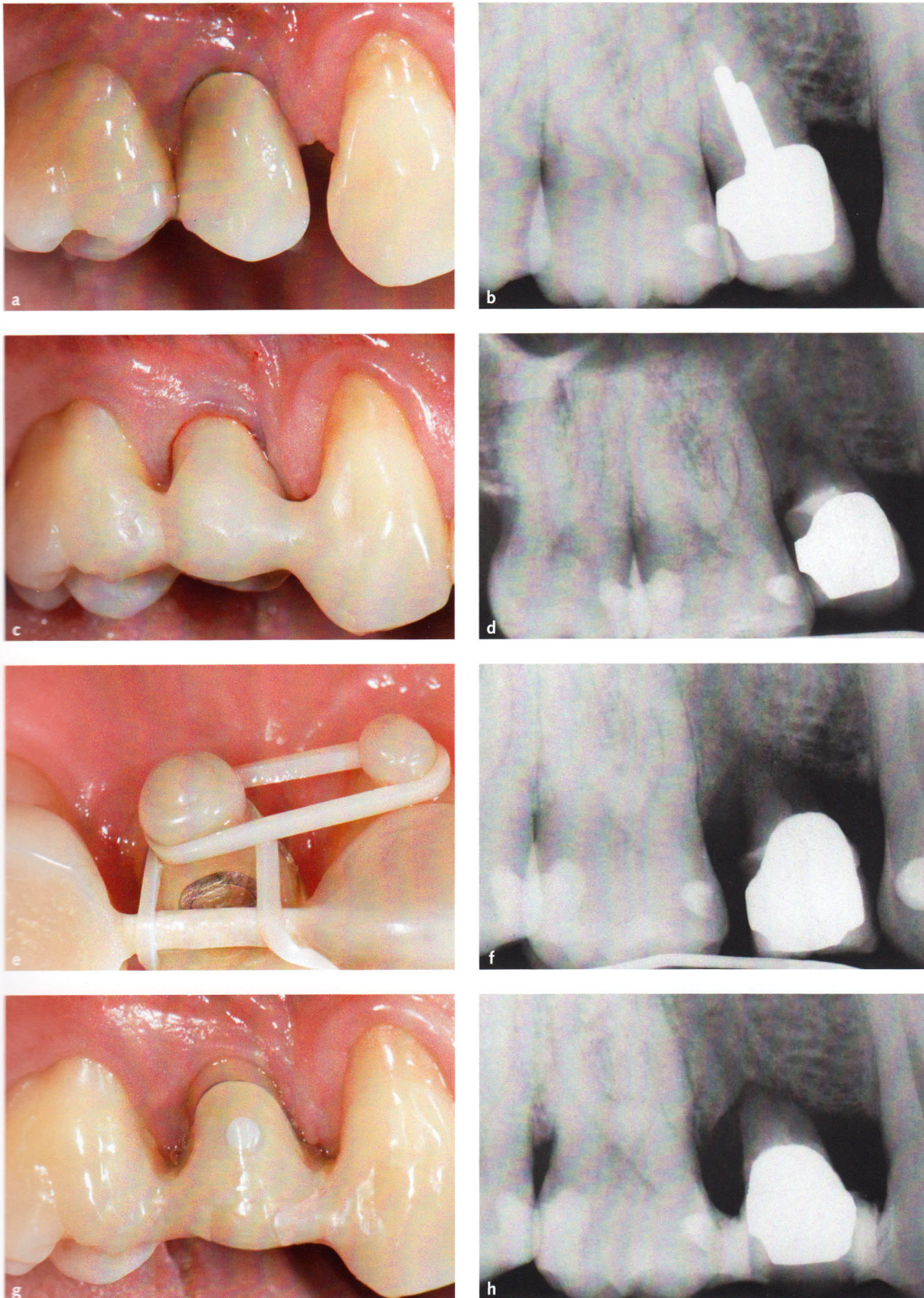


**Abb. 4a bis d** Die Extrusion von hoffnungslosen Zähnen ohne translative labiale Bewegung induziert eine vorwiegend vertikal gerichtete alveoläre Regeneration. Die horizontale alveoläre Dimension bleibt unberücksichtigt: (a) Klinische Ausgangssituation von palatinal, (b) Extrusion der Zahnwurzeln von 21 und 22, (c) Verbreiterung der angewachsenen Gingiva und (d) Verlust an horizontaler Dimension ohne eine translative Bewegung der Wurzel von Zahn 21.

ten beschränkt bleibt<sup>15–19</sup>. Inwieweit dabei nicht nur strukturelle, sondern molekulare Vorgänge eine Rolle spielen, muss geklärt werden. In diesem Zusammenhang ist eine Beobachtung bemerkenswert. Anscheinend kann bei der Extrusion eines Zahns über einen Informationsaustausch zum supraalveolären Faserapparat eine Steuerung der Geweberegeneration erreicht werden<sup>20–26</sup>. Mittels Fibrektomie lässt sich ein Zahn ohne Follow-Up der angrenzenden Gewebe aus der Alveole extrudieren. Ohne Fibrektomie folgen die Weichgewebemanschette und anschließend der Knochen der Extrusionsbewegung. Offenbar bewirkt die Fibrektomie eine Unterbrechung dieses Informationsaustauschs und damit ein Ausbleiben der Geweberegeneration<sup>10,27,28</sup>. Da bei der Replantation von formkongruenten Segmenten eine schnelle funktionelle Wiederanbindung erfolgt, unterbleibt eine Resorption des alveolären Knochens. Dies könnte die Tatsache erklären, weshalb forminkongruente Replantate ein reduziertes Erhaltungs- und Regenerationspotenzial erkennen lassen<sup>2,15,16,18</sup>. Es stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten sich bei

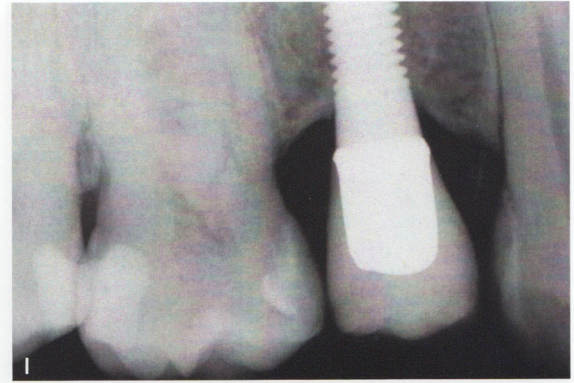
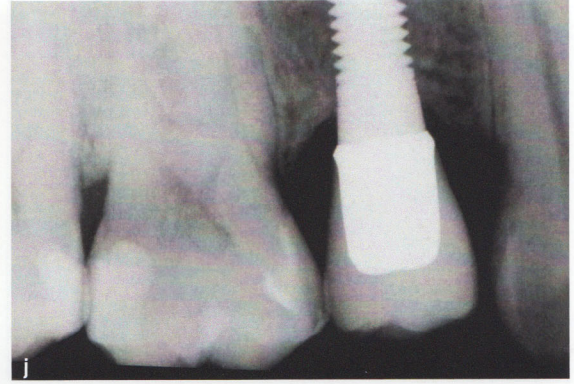
der Replantation größerer Wurzelsegmente und einer horizontal translativen Bewegungskomponente ergeben.

Die Indikation wird durch das bestehende vestibuläre alveoläre Volumen bestimmt. So konnte, wie in Abbildung 5 dargestellt, mit einer Bewegung in mesio-distaler Richtung die Qualität und Form des periimplantären Weich- und Hartgewebes deutlich verbessert werden. Ein ganz wesentlicher Vorteil ist bei diesem klinischen Fall darin zu sehen, dass die periimplantäre Weichgewebemanschette, ohne eine chirurgische Intervention funktionell und anatomisch erhalten werden konnte. Eine Veränderung der horizontalen alveolären Dimension ist im Rahmen chirurgischer Interventionsstrategien dann problematischer einzustufen, wenn neben alveolärem Hartgewebe auch strukturelle Weichgewebedefekte vorhanden sind. Um umfangreiche laterale Hart- und Weichgewebemaßnahmen und Rückverlagerungsplastiken zu vermeiden (s. Abb. 6), wurde als Alternative die labiale Translation eines Wurzelsegments gewählt. Damit konnten Implantate in Regio

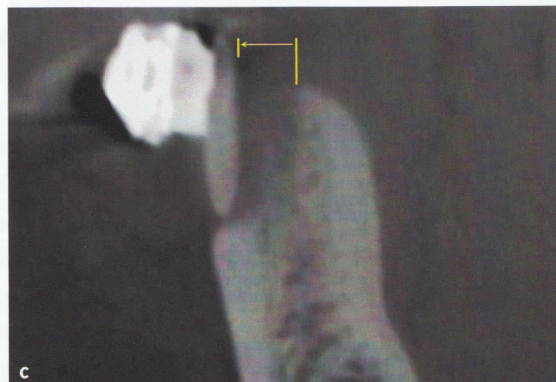
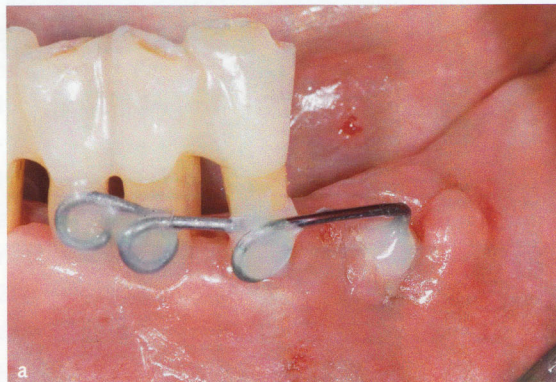


**Abb. 5a bis h** Extrusion und körperliche translative Mesialbewegung eines orthograd replantierten zervikalen Wurzelsegments induzieren eine nachfolgende Bewegung der angewachsenen Gingiva und des alveolären Knochens: (a) Klinische Ausgangssituation, (b) röntgenologische Ausgangssituation, (c) Replantation eines zervikalen Wurzelsegments, (d) Röntgenkontrolle nach Ossifikation, (e) Extrusion und Translative Mesialbewegung, (f) Röntgenkontrolle, (g) Stabilisierung während der Regenerationsphase, (h) Kontrolle der Ossifikation vor Implantation.

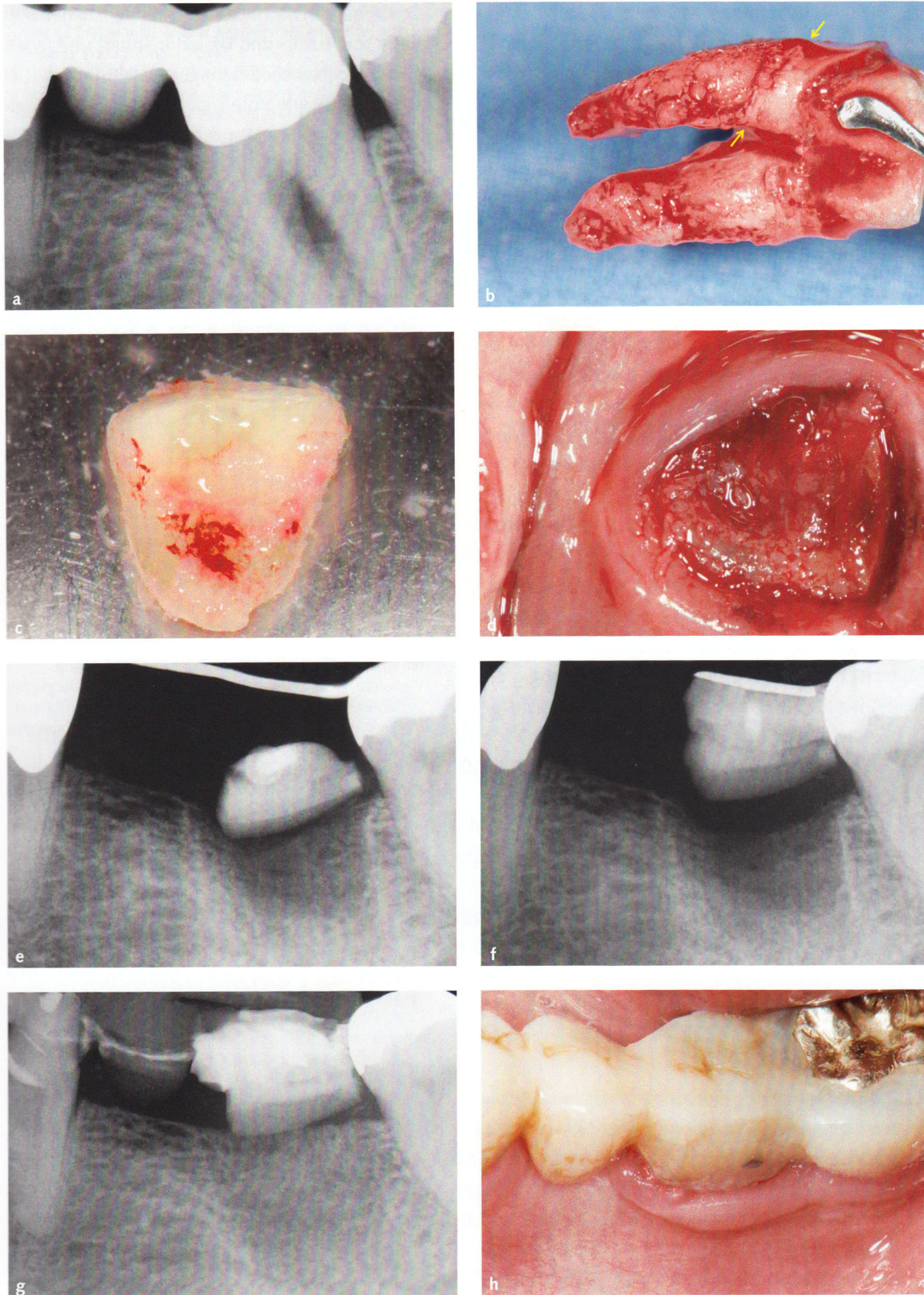
**Abb. 5i bis l** Extrusion und körperliche translative Mesialbewegung eines orthograd replantierten zervikalen Wurzelsegments induzieren eine nachfolgende Bewegung der angewachsenen Gingiva und des alveolären Knochens: (i) periimplantäre Weichgewebestruktur um implantatprothetische Versorgung auf einem einteiligen Aesthura® Immediate Implantat, (j) Röntgenkontrolle nach Eingliederung der Krone, (k) klinisches Ergebnis nach 6 Jahren und (l) Röntgenkontrolle.



**Abb. 6a bis d** Die translative labiale Bewegung eines orthograd replantierten Wurzelsegments zur Vergrößerung der horizontalen alveolären Dimension im Unterkiefer: (a) Klinische Ausgangssituation, (b) Verbreiterung der marginalen angewachsenen Gingiva, (c) Vergrößerung der horizontalen alveolären Dimension und (d) ausreichend breite angewachsene Gingiva im Bereich der implantatprothetischen Versorgung in Regio 33/34.







**Abb. 7a bis h** Horizontale Replantation eines defektkongruenten Wurzelsegments: (a) Umfangreicher parodontaler Defekt im Bereich der Bifurkation, (b) extrahierter Zahn (Pfeil = Begrenzung des ligamentären Ansatzes), (c) mit parodontalem Ligament bedecktes mesiales Wurzelsegment, (d) horizontal eingelegtes Segment, (e) röntgenologische Kontrolle der parodontalen Wiederanheftung, (f) Extrusionskontrolle, (g) alveoläre Defektauffüllung durch körpereigenen Knochen und (h) Erhalt des quadrangulären Molarenprofils.

33, 34 in ortsständigen Knochen und bei umgebender angewachsener Gingiva inseriert werden<sup>29</sup>. Ein alternatives Konzept ist dann notwendig, wenn mangels Abstützung, ungünstigem Kieferkammverlauf und fehlender Kammhöhe ein ausreichend breites Implantatlager geschaffen werden soll. So konnte, wie in Abbildung 7 dargestellt, durch die Vertikalverschiebung eines großen horizontal transplantierten Wurzelsegments, ein suffizientes anatomisches Implantatlager gestaltet werden. Dabei kann die Implantation in einem Implantatbett erfolgen, welches durch ein quadranguläres Profil und ein breites Band angewachsener Gingiva charakterisiert ist<sup>30–36</sup>.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Translation von Wurzelsegmenten ein gleichgerichtetes „Follow-Up“ der angrenzenden Gewebestrukturen bewirkt. Dies betrifft sowohl die attached Gingiva, als auch den alveolären Knochen. Wird mit dem Segment eine horizontale Bewegung vollzogen, führt dies ebenfalls zu einem Nachfolgen der alveolären Strukturen. In diesen Fällen ist neben dem Erhalt der vertikalen sogar ein Gewinn in der horizontalen alveolären Dimension zu beobachten.

Das biologische Behandlungskonzept nach Neumeyer ermöglicht einen Struktur- und Volumenerhalt der Extraktionsalveole und besitzt darüber hinaus regeneratives Potenzial. Die Methode ist gegenüber chirurgischen Verfahren weniger invasiv und führt zu vorhersagbaren implantatprothetischen Ergebnissen.

## ■ Schlussfolgerungen

- Die Replantation, Extrusion und horizontale Translation von Wurzelsegmenten ermöglichen den Erhalt und die Regeneration der horizontalen alveolären Dimension.
- Die klinischen Ergebnisse sind vorhersagbar und lassen, wenn überhaupt, nur ein minimales Volumendefizit in allen 3 räumlichen Richtungen erkennen.
- Die klinischen Ergebnisse sind langzeitstabil.
- Die Ergebnisse genügen großen funktionellen sowie hohen ästhetischen Ansprüchen und sind denen augmentativer Techniken ebenbürtig.

- Die Verfahrenstechniken sind einfach, minimalinvasiv sowie zeit- und kostenorientiert und jederzeit unter Praxisbedingungen durchführbar.
- Um das gesamte Potenzial dieses neuen biologischen Behandlungskonzepts erschließen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

## ■ Literatur

1. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212–218.
2. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313–323.
3. Bayerlein T, Proff P, Fanghänel J, Kauschke E, Rumpel E, Gerike W, Bienengraber V, Gedrange T. Wound management after the application of bone grafting substitutes in the orofacial region. *Folia Morphol (Warsz)* 2006;65:89–91.
4. Fickl S, Zühr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1111–1118.
5. Morjaria KR, Wilson R, Palmer RM. Knochenheilung nach Zahnextraktion mit und ohne augmentative Maßnahmen: Ein systematischer Review anhand randomisiert kontrollierter Studien. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;Mar 8.
6. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D et al. Chirurgisches Verfahren zum Erhalt des Alveolarkamms nach Zahnextraktion. Ein systematisches Review. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(Suppl 5):22–38.
7. Neumeyer S, Wachtel H. Die Replantation und orthodontische Extrusion hoch resezierter Zähne. *Quintessenz* 2009;60:1141–1149.
8. Hopmann S, Neumeyer S, Hannker C, Stelzel M, Thein T, Lampson C. Biologische Aspekte – Eine implantatprothetische Versorgung nach traumainduziertem Frontzahnverlust. *Teamwork* 2013;16:54–65.
9. Neumeyer S, Hopmann S, Stelzel M. Ein neues biologisches Konzept zur Implantatoptimierung. *Z Zahnärztl Implantol* 2013;29:139–146.
10. Neumeyer et al. Ein biologisches Behandlungskonzept für die Extraktionsalveole. *Implantologie* 2014;22:149–158.
11. Capri D, Albebehani Y, Smukler H. Augmentation of an anterior edentulous ridge for fixed prosthodontics with combined use of orthodontics and surgery: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2003;90:111–115.
12. Diedrich P (Hrsg.) .Kieferorthopädie III Therapie, 4. Auflage. München/Jena: Urban & Fischer, 2002.
13. Zachrisson BU. Orthodontic tooth movement to regenerate new alveolar tissue and bone for improved single aesthetics. Abstract University of Oslo, Norway.
14. Zachrisson BU. Können wir auf Chirurgie verzichten? Kieferorthopädische Harmonisierung des Gingivaverlaufes. *Praxistage in München* 2004; Vortrag 11.12.2004.
15. Filippi A. Zahntransplantation. Biologischer Zahnersatz für Kinder, Jugendliche und manche Erwachsene. Berlin: Quintessenz, 2009.
16. Houston F, Sarhed G, Nyman S, Lindhe J, Karring T. Healing after root reimplantation in the monkey. *J Clin Periodontol* 1985;12:716–727.
17. Nasjleti CE, Caffesse RG, Castelli WA, Hoke JA. Healing after tooth reimplantation in monkeys. A radioautographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975;39:361–375.

18. Polimeni G, Xiropaidis AV, Wikesjö UM. Biology and principles of periodontal wound healing / regeneration. *Periodontology* 2000;41:30–47.
19. Schatz JP, Dubrez B, Roehrich N. Muco-gingival and periodontal health recovery following reimplantation of teeth. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:216–220.
20. Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Thilander B, Liljenberg B. Periodontal tissue reactions to orthodontic extrusion: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 1991;8:330–336.
21. Dannan A, Darwish MA, Sawan MN. The Orthodontic Extrusion Movements and the Periodontal Tissues. *Internet Journal of Dental Science* 2009;8:1–14.
22. Kajiyama K, Murakami T, Yokota S. Gingival reactions after experimentally induced extrusion of the upper incisors in monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;104:36–47.
23. Lindhe J, Karring T, Lang NP. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 4. Auflage. Oxford, UK: Wiley-Blackwell Publishing, 2003/2005.
24. Malmgren O, Malmgren B, Frykholm A. Rapid orthodontic extrusion of crown root and cervical root fractured teeth. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:49–54.
25. Oppenheim A. Artificial Elongation of Teeth. *Am J Orthod* 1940;26:931–940.
26. Piskdoken L, Erkan M, Usumez S. Gingival response to mandibular incisor extrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009;135:432–433.
27. Salama H, Salama M. The role of orthodontic extrusive remodeling in the enhancement of soft and hard tissue profiles prior to implant placement: a systematic approach to the management of extraction site defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:312–333.
28. Salama H, Salama M, Kelly J. The orthodontic-periodontal connection in implant site development. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8:923–932.
29. Nozawa T, Sugiyama T, Yamaguchi S, et al. Buccal and coronal bone augmentation using forced eruption and buccal root torque: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:585–591.
30. Amato F, Mirabella D, Macca U, Tarnow DP. Implant Site Development by Orthodontic Forced Extraction: A Preliminary Study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:411–420.
31. Danesh-Meyer MJ, Brice DM. Implant site development using orthodontic extrusion: a case report. *N Z Dent J* 2000;96:18–22.
32. König A, Hermann JS. Orthodontische Maßnahmen zur präimplantologischen Augmentation von Hart- und Weichgewebe. *Z Zahnärztl Impl* 2007;23:208–214.
33. Korayem M, Flores-Mir C, Nassar U, Olfert K. Implant site development by orthodontic extrusion. *Angle Orthod* 2008;78:752–760.
34. Maiorana C, Speroni S, Herford AS, Ciccio M. Schonende Zahntrennung zur Verbesserung der parodontalen Hart- und Weichgewebssituation vor Implantatinserion im ästhetisch sichtbaren Bereich mittels schrittweiser kieferorthopädischer Extrusion. *Opden dent J* 2012;6:137–142.
35. Mantzikos T, Shamus I. Forced eruption and implant site development: soft tissue response. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997;112:596–606.
36. Spear FM, Kokich VG. A multidisciplinary approach to esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007;51:487–505.

## Preservation and regeneration of the horizontal alveolar dimension: Replantation, extrusion, and translation of root segments

**KEYWORDS** *ocket preservation, regeneration, replantation, extrusion, translatory movement, biologic tissue management, root segment, buccal lamella*

For a long-term, stable, and esthetically pleasing result of implant-prosthetic treatment, it is essential to preserve the vertical and horizontal dimensions of the alveolar ridge. The loss of a tooth initiates resorptive processes that usually lead to extensive tissue loss. From functional and esthetic points of view, this presents major challenges to preservation, augmentation, and regenerative intervention strategies. According to Neumeyer, the biologic treatment concept shows that replantation of teeth and root segments and their subsequent extrusion allows an almost complete preservation of the alveolar structures. The extrusion of root segments leads to coronal movement of all adjacent hard and soft tissues. If the segment is moved horizontally, the alveolar structures will follow suit. In these cases, the vertical dimension can be preserved while gaining volume in the horizontal alveolar dimension. The biologic treatment concept, according to Neumeyer, allows for simple preservation of structure and volume, gains thereof postextraction, and predictable implant-prosthetic results.